

● 大秦重载铁路培训系列丛书

重载铁路行车技术

主 编 闻清良



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

大秦重载铁路培训系列丛书

重载铁路行车技术

主 编 闻清良

副主编 王启铭

中 国 铁 道 出 版 社

2009年·北 京

内 容 简 介

本书为大秦重载铁路培训系列丛书之一。全书共分为四章,主要包括:大秦重载铁路概述、大秦重载铁路技术设备、大秦重载铁路行车组织、大秦重载列车接发等;并附有大秦线分散自律调度集中区段行车作业组织办法。

本书可作为铁路职工培训,同时可供相关技术人员、管理干部以及从事重载工作的铁路相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

重载铁路行车技术/闻清良主编. - 北京:中国铁道出版社,2009.10
(大秦重载铁路培训系列丛书)
ISBN 978-7-113-10579-2

I. 重… II. 闻… III. 重载铁路-铁路行车-技术培训-教材 IV. U239.4 U292

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 183532 号

书 名:重载铁路行车技术
作 者:闻清良 主编

责任编辑:金 锋 电话:010-51873134 电子信箱:jinfeng88428@163.com
封面设计:郑春鹏
责任校对:孙 玫
责任印制:陆 宁

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)
网 址:<http://www.tdpress.com>
印 刷:中国铁道出版社印刷厂
版 次:2009年10月第1版 2009年10月第1次印刷
开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:7.25 字数:175 千
印 数:1~2 000 册
书 号:ISBN 978-7-113-10579-2/U·2572
定 价:23.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部调换。

电 话:市电(010)51873170,路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)63549504,路电(021)73187

编委会名单

主 任：闻清良

副主任：杨国秀 王全献 俞 蒙 王启铭

王金虎 杨占虎

委 员：薛建东 宁志云 刘 俊 郭善宏

高春明 赵 昕 张书军 王旭荣

邢 东 宋 刚 周毅民 李 江

主 编：闻清良

副主编：王启铭

策 划：薛建东 宁志云

序

职工教育是铁路运输企业的重要基础工作。全面落实科学发展观和实现铁路又好又快的发展,对铁路职工教育管理、高技能人才培养和职工队伍建设提出了新的更高的要求。太原铁路局面对新体制、新形势、新任务、新挑战,深入贯彻“务实、高效、创新、争先”方针,始终坚持“五个不动摇”,全面推行“1233”安全做法,牢固树立“和谐发展,人才强企”、“安全是天,教育为本”的责任意识,围绕安全生产、重载增量、深化企业改革等中心工作,规范管理,强基达标,全方位加强职工教育培训,着力提高全员的实践能力和创新能力,以素质保安全,以素质强质量,以素质上任务,以素质增效益,以素质促发展,为发展新“太铁”,实现新跨越提供了坚实的素质保障和人才支撑。

随着铁路现代化建设与发展的深入推进,运输任务的日益繁重,安全压力的不断加大,新技术、新材料、新设备、新工艺的大量运用,职工培训—考核—使用—待遇一体化机制的全面实施,编印一套适应铁路安全运输生产需要的职工培训教材迫在眉睫。按照铁路局领导“全局上下要牢固树立‘提高素质强安全’的思想,抓紧建立完整配套、针对性强、能够适应新变化、新要求的职工培训教材”的指示要求,本着方便职工学习技术业务,提升职工岗位技能水平,严格标准化作业,确保运输安全,推进整体工作,塑造铁路良好形象的主旨,我局特组织有关人员编写了5册现场实用培训教材和一套大秦重载铁路技术方面的培训教材,从而进一步完善了全局职工培训教材体系,为提高职工教育培训质量奠定基础。

此次编写的教材由浅入深,循序渐进,通俗易懂,可作为职工全员培训、岗位动态达标和任职转岗的培训教材,也可用于职工自学。

在教材编制过程中得到了太原铁路局各业务处、室和基层站段的大力支持,在此一并表示感谢。

书中不妥之处,恳请读者指正。

太原铁路局

2009年8月

前言

大秦铁路是我国第一条重载单元双线电气化运煤专线,全长 653 km,横贯山西、河北两省,北京、天津两市,主要承担着西煤东运任务,在缓解煤、电、油运“瓶颈”制约,促进国民经济又好又快发展中具有重要的作用。大秦铁路分三期建成,一期工程于 1985 年 1 月开工,1988 年 12 月 28 日开通运营。二期工程于 1988 年 6 月开工,1992 年 12 月 21 日开通运营。三期工程为年输送能力 1 亿 t 配套工程,1995 年开工,至 1997 年完成。2006 年对全线进行了 2 亿 t 扩能改造。大秦铁路最初的设计能力为 5 500 万 t/年。

大秦铁路现属于太原铁路局。把大秦铁路建设成为世界一流的重载高效铁路,是铁道部党组贯彻落实科学发展观、加快和谐铁路建设、实施内涵扩大再生产的重大战略举措。2005 年太原铁路局成立以来,始终坚持“五个不动摇”的指导思想,全面推行“1233”安全工作法,在铁道部有关部门和兄弟单位的大力支持下,紧紧围绕大秦线的运营、建设和发展,自主创新谋发展,优化组织提效率,千方百计攻难关,使大秦线运量连续以每年增运 5 000 万 t 的速度发展,2006 年完成了年运量 2.5 亿 t 目标,并成功实现了大秦公司股改上市,实现了铁路运输业在国内资本市场上市的重大突破。2007 年运量达到 3 亿 t,2008 年实现 3.4 亿 t,2009 年运输能力可达到 4 亿 t 以上。作为中国铁路改革发展的标志性、示范性和样板性工程,大秦铁路以惊人的发展速度创造了单条铁路重载列车密度最高、运输能力最大、运营效率最好的世界纪录,是目前世界上运输能力最大的重载运输铁路。

大秦铁路作为大能力的煤运通道,上游连接储煤约占全国 60% 的山西、陕西和内蒙古西部,下游辐射我国 26 个省区市以及世界 15 个国家和地区。太原铁路局充分发挥纽带作用,凝聚煤矿、港口、煤炭用户和专用铁路、地方铁路以及相邻铁路局的力量,形成了产运需直接对接、集运疏协调互动的大系统。

大秦铁路采用双线电气化重载技术,机车、车辆、工务、电务、供电、装卸设备以及运输组织均达到或接近世界先进水平。一流的设备和技术,必须拥有一流的职工队伍。太原铁路局一直非常重视职工队伍建设,把职工培训始终作为安全运输生产的先行,建立了培训—考核—使用—待遇一体化的职工培训机制,以“安全取胜、素质为本”和“职工教育是安全生产第一道关口”为思想理念,以“符合现场实际、解决实际问题、职工作业实用”为出发点和落脚点,求真务实地搞好职工教育培训工作。

为进一步加强大秦重载铁路职工培训工作,提高培训质量,太原铁路局决定编写大秦重载铁路职工培训系列丛书作为职工培训的适用教材。我们根据太原铁路局教材编写要求与安排,在广泛深入现场调研的基础上,邀请太原铁路局相关业务处室和站段共同研讨编制了教材编写大纲,按照大纲确定具体编写内容,通过专家与编者共同论证大纲及内容,然后再次调研收集资料写出教材初稿,在专门召开的审稿会上确定修改内容最后审查定稿。

大秦重载铁路培训系列丛书,全面讲述大秦铁路重载技术,体现先进性和适用性,用于大秦铁路职工培训,同时可供技术人员、管理干部以及关心大秦重载铁路的其他读者参考。

本系列丛书共七册,分为《重载铁路行车技术》、《重载铁路机务技术》、《重载铁路工务技术》、《重载铁路电务技术》、《重载铁路车辆技术》、《重载铁路供电技术》、《重载铁路货运技术》。本册《重载铁路行车技术》为系列丛书之一,由牛春年统稿并编写第一章、第三章第一~三节;苏帅编写第二章第一~二节;吴植芳编写第二章第三~五节;蒋学兵编写第三章第四节、第四章及附录。全书由李建平、王晓波审稿。本书在编写过程中得到太原铁路局相关业务处室和站段的大力支持与帮助,在此一并表示衷心的感谢。

由于编写时间较紧,本书可能存在一些不足,请读者批评指正。

编 者

2009年8月

目 录

第一章 大秦重载铁路概述.....	1
第一节 世界重载铁路发展简介.....	1
第二节 大秦重载运输发展概况.....	5
第三节 大秦重载运输特点.....	8
复习思考题	16
第二章 大秦重载铁路技术设备	17
第一节 大秦重载铁路线路站场技术设备	17
第二节 大秦重载铁路机车车辆技术设备	25
第三节 大秦重载铁路信号及通信设备	35
第四节 Fzj-CTC 型分散自律调度集中简介	37
第五节 列车尾部安全防护装置	43
复习思考题	51
第三章 大秦重载铁路行车组织	52
第一节 单元万吨重载列车行车组织办法	52
第二节 万吨组合重载列车行车组织办法	53
第三节 2 万 t 组合重载列车行车组织办法	56
第四节 重载列车运行特殊情况处理	78
复习思考题	83
第四章 大秦重载列车接发	84
第一节 正常情况下接发重载列车	84
第二节 非正常情况下接发重载列车	90
复习思考题	94
参考文献	95
附录 大秦线分散自律调度集中区段行车作业组织办法	97

第一章 大秦重载铁路概述

本章主要介绍重载运输的基本概念、特点、组织形式、重载运输的优越性,包括世界重载铁路发展历程、现状,我国重载运输发展情况,大秦线重载运输的必要性,大秦重载运输发展的历程,重点介绍大秦重载运输机务、重载专用车辆、重载装卸作业、重载运输车站作业组织、重载轨道、信联闭及通信设备、重载运输行车调度指挥(CTC、TDCS)等的特点。

第一节 世界重载铁路发展简介

客运高速、货运重载是当今世界铁路发展的两大趋势。重载铁路自 20 世纪 60 年代诞生以来,以其运量大,效率高,能耗低,效益好等诸多优势,在美国、澳大利亚、俄罗斯、加拿大、中国等一些幅员辽阔、资源丰富的国家得到了迅速发展,开辟了铁路货运的新天地。本章介绍世界重载运输发展的历程,重载列车组织的基本类型,介绍发达国家重载运输的基本情况。

一、重载运输基本概念

重载运输是指在一定的技术装备条件下,扩大列车编组长度,大幅度提高列车重量,达到提高运输能力和运输效率的运输方式。重载运输是目前世界上许多国家铁路大宗货物运输普遍采取的一种货运发展模式。

1984 年在美国华盛顿成立了非官方组织国际重载铁路协会(简称 IHHR),并由美国、中国、澳大利亚、加拿大和南非的铁路技术专家组成国际重载铁路顾问委员会。

1986 年 10 月在加拿大温哥华召开的第三届国际重载会议上,在综合各国铁路重载运输发展水平的基础上,国际重载协会(IHHA)通过了铁路重载运输的定义:线路年运量在 2 000 万 t 及以上,列车牵引重量至少为 5 000 t,列车中车辆轴重达到 21 t。具备上述三个条件之二者,可视为铁路重载运输。

1994 年 6 月国际重载运输年会上,对铁路重载运输的定义作了一些修改。凡具备以下三个条件之二者,可视为铁路重载运输线路:

- (1) 经常、定期或准备开行总重最少为 5 000 t 的单元或组合列车。
- (2) 在长度至少为 150 km 的铁路区段上,年计费货运量最少达到 2 000 万 t 及以上。
- (3) 经常、定期或准备开行轴重 25 t 及以上的列车。

2005 年国际重载运输协会的巴西年会上,对重载运输的定义作了新的修订:重载列车牵引重量至少达到 8 000 t;轴重(或计划轴重)为 27 t 及以上;在至少 150 km 线路区段上年运量超过 4 000 万 t。

二、世界重载列车运输组织形式

铁路重载运输通过近 50 年代发展,各国都摸索出了一套适合自身特点的重载运输模式。归纳起来主要有三种:单元式重载列车、组合式重载列车、整列式重载列车。

1. 单元式重载列车

单元式重载列车的概念最早是在美国提出的,它是以大功率机车双机或多机与一定编成辆数的同一类型的专用货车固定在一起,组成一个运输单元,并以此作为运营计费单位,在装卸车站间循环直达运输的货物列车。其特点是:实行“五固定”,即固定机车、车底、货种、装卸站、卸车站;货物装卸时不摘机车整列装卸;运行过程中不进行改编;按规定走行公里整列入段检修。采用这种重载运输组织模式可以最大限度地减少运营支出,大幅度降低运输成本;但要求货源充足,货物品类单一,货物到发地点统一,机车车辆、线路站场、装卸仓储等设备要配套。

这种重载运输方式目前运用范围最广,经济效益也最显著。如美国、加拿大、巴西、澳大利亚、南非等国及我国大秦重载运煤专线都采用这种运输组织形式。

2. 组合式重载列车

组合式重载列车是由两列及以上同方向运行的普通货物列车首尾相接、合并组成的列车。机车分别挂于原各自普通货物列车首部,由第一列货物列车的机车担任本务机车,运行至前方某一技术站或终到站后,分解为普通货物列车。

这种重载运输方式始于1964年,在前苏联应用较多。它实质上是在线路通过能力紧张的区段,利用一条运行线行驶两列及以上普通货物列车的一种扩大运输能力的方式。我国大秦线运行的2万t重载列车,采用的就是2个万吨列车组合的形式。此种列车比上述两种重载列车灵活,既可在装车站或编组站内组合成列,整列进入卸车站;也可在途中适当地点或解体站分解成原列进入卸车站。但组合列车对机车操纵控制技术和运输组织各环节有更多的要求,因而在世界范围内并未广泛使用。

3. 整列式重载列车

整列式重载列车是由挂于列车头部的大功率单机或多机牵引,使用不同类型的货车混合编组,达到规定载重量的列车。这种列车是采用普通的列车组织方法,其列车到达、解体、编组、出发、取车、送车、装车、卸车和机车换挂等作业均与普通列车相同。在运输途中还可根据实际需要进行改编,因此具有很大的灵活性、通用性。

目前,在我国繁忙干线上开行的重载列车主要为这种模式,其他国家应用较少。欧洲以客运为主的一些国家,目前也在结合本国实际条件,开行不同重量的整列式重载列车。

三、世界重载铁路的发展历程

世界铁路重载运输是从20世纪50年代开始发展起来的。第二次世界大战后各国经济复苏,工业化进程加快,对原材料和矿物资源等大宗商品的需求量大幅增加,大宗、直达的货源和货流向铁路货物运输重载化提出了要求。同时,这一时期发达国家铁路发展迅速,技术装备水平不断提高,他们有计划、有步骤地进行牵引动力现代化改造,先后停止使用蒸汽机车,采用新型大功率内燃和电力机车,也为大幅度提高列车牵引重量提供了条件。因此,以开行长大列车为主要特征的重载运输开始出现。但这一时期的重载技术尚不配套,一些关键技术,如长大列车间的过量冲动、车钩强度、机车的合理配置、同步操纵及制动等,都没有得到很好的解决。

随着车钩强度、防治列车冲动、机车合理配置、同步操作和列车制动等问题的逐步解决,20世纪60年代后期,铁路重载运输得到实质性的发展,并体现出强大的生产力和技术经济优势。美国、加拿大、澳大利亚等国铁路相继在运输大宗散装货物的主要方向上开创了“固定车底单元列车循环运输”的运输模式,并迅速发展。1969年,美国重载运输专线达293条。前苏联在20世纪60年代末为解决线路大修对运输的干扰,在通过努力紧张的限制区段,组织开行了将两列普通货物列车连挂合并和组合列车,这种运输方式逐步形成了前苏联提高繁忙运输干线

输送能力的重要措施。此后,南非、巴西等国通过借鉴引进,纷纷开行了适合本国特点的正在单元列车。原联邦德国、波兰、瑞典、印度等国也根据各自国家的具体情况和实际需要,开行了重量和长度都超过普通列车标准的重载列车。

20 世纪 80 年代以后,由于新材料、新工艺、电力电子、计算机控制和信息技术等现代高新技术在铁路上的广泛应用,铁路重载运输技术及装备水平有了很大提高。特别是在牵引动力、车辆大型化、轻量化、同步操作和制动技术等方面有了新的突破,从而更大地促进了重载运输的发展。

重载运输在运送大宗货物上显示出高效率、低成本的巨大优势,是铁路运输规模经济和集约化经营的典范。重载运输是除高速铁路以外铁路现代化的又一个重要标志,已成为许多国家追求的现代货运方式。

列车牵引重量的提高是铁路重载运输技术发展总体水平的体现。重载牵引试验的最高纪录不断被刷新:

1967 年 10 月,美国诺克福西方铁路公司在韦尔什至朴次茅间 250 km 线路上,开行了 6 台内燃机车牵引的重载列车,其机车分别分布在列车头部和中部、由 500 辆煤车编组、总长 6 500 m、总重 44 066 t。

1989 年 8 月,南非铁路在锡申—萨尔达尼亚矿石运输专线上,试验开行了编组 660 辆货车、16 台机车牵引(5 台电力机车 + 470 辆货车 + 4 台电力机车 + 190 辆货车 + 7 台内燃机车 + 1 辆罐车 + 1 台制动车)、总长 7 200 m、总重 71 600 t 的重载列车,创造了当时铁路重载列车的世界纪录。

1996 年 5 月 28 日,澳大利亚在纽曼山—海德兰港铁路线上,试验开行了由 10 台内燃机车牵引、编组 540 辆货车(3 台机车 + 135 辆货车 + 2 台机车 + 135 辆货车 + 2 台机车 + 135 辆货车 + 2 台机车 + 135 辆货车 + 1 台机车)、总长 5 892 m、总重达 72 191 t(铁矿石净重为 57 309 t)的重载列车。这次试验列车由 1 名司机操纵,通过 Loctrol 无线电遥控装置控制其他机车,平均车速为 57.8 km/h,最高速度达 75 km/h。

2001 年 6 月 21 日,澳大利亚铁路创重载列车新纪录。BHP 公司开行了一列装载 8.2 万 t 铁矿石、总重达 99 734 t 的重载列车。其由 8 台机车牵引,编组 682 辆货车,总长 7 300 m,仅由 1 名司机操纵,另外 7 台机车由 GE 公司生产的哈里斯机车遥控系统控制。这是迄今为止,重载列车的世界之最。各项世界纪录被不断刷新的同时,铁路重载运输也迎来了一个又一个新的高峰。

四、世界重载运输现状

铁路重载货物运输是一项综合性的系统工程,它既包括牵引动力、货运车辆、列车制动、线路结构、站场设置、通信信号、电力供应等技术装备的全面升级,更包括货流组织、列车装卸、运输组织、行车安全、运营管理等不同于传统运输组织方式的优化与变革。

各国铁路运营条件、技术装备水平、发展重载运输的目的不同,采用的重载运输方式各有差异。以美国、加拿大为代表,包括澳大利亚、巴西、南非等国,是以降低运输成本、获取更大利润为目的。这些国家的铁路网规模大,行车密度小,货运比重大,运能有较大富余,而且货流量大,去向又集中,一般均组织由装车地到卸车地之间的单元式重载列车。前苏联铁路是客货混跑,运能紧张,为提高铁路运输能力而发展重载运输,因而多采用组合式列车或超重超长列车。

近年来,世界范围内货物列车重载技术发展非常迅速,重载运输极大地提高了铁路劳动生

产率,创造了巨大的社会效益和经济效益。特别是美国、澳大利亚、南非、瑞典等国,在重载运输方面取得了突出的成绩和效益,为我们提供了借鉴的经验。

1. 美国

美国是单元式重载列车的发源地。1958年,为加强与煤浆管道运输的竞争,铁路开行了每辆货车载重 90.7 t、编组 85 辆的第一列由矿区直达钢厂的万吨级矿石单元式重载列车。1960年,美国只有一条固定的重载单元列车运煤线路,年运量不过 120 万 t;到 1969年,重载煤炭运输专线增加到 293 条,运量达 1.44 亿 t,占铁路煤炭运量的 30% 左右。在货运专线上开行重载单元列车是重载运输的主要模式。

美国铁路货源主要为煤、矿石、农产品、木材等长途大宗货物,其中煤炭运量占全国煤炭运量的 2/3 左右,而煤炭运量又占铁路货运量的 1/3,其流向由西向东,运距长达 1 500 ~ 2 500 km,以重载直达运输为主;从设备来说,美国重载运输采用大功率内燃机车多机牵引,将多台机车分前、中、后三组布置,配合机车遥控技术牵引。重载货车采用大轴重、大容量、低自重的专用货车多(一般载重为 90.7 ~ 125 t,最大轴重 30 ~ 38 t),全列编组通常在 100 辆以上,列车总重达万吨以上。车站站线一般在 2 000 ~ 2 800 m,钢轨以 65 kg/m 以上居多。

2. 澳大利亚

澳大利亚重载运输的特点:一是强化改造旧线和修建部分新线相结合的办法,变轻载为客货混跑的重载线路;二是新建重载专用线牵引总重达 2 万多吨。

澳大利亚的纽曼矿山铁路全长 426 km,是一条单线内燃牵引准轨铁路,建于 1969 年,归属 BHP 公司。BHP 公司从 1973 年开始研究采用重载运输技术,劳动生产率逐年提高,成本逐年下降。2000 年与 1980 年相比,燃油消耗下降 43%,每百万吨矿石运输所需人力从 30 人下降到 5 人;机车车辆无故障运行距离由 300 万 km 上升到 920 万 km,可靠性上升 3 倍;机车车辆利用率提高了 36%;车轮、钢轨寿命提高了 3 ~ 5 倍。2000 年 BHP 公司的全年效益创历史上最高水平,其中重载运输发挥了重要作用。

澳大利亚的昆士兰煤运重载铁路连接着昆士兰六大煤矿系统与煤炭输出港口的六大码头,全部采用 1 067 mm 窄轨铁路,线路全长 2 000 km,其中 70% 是电气化铁路。澳大利亚昆士兰煤矿是世界上最大的煤矿之一,煤产量逐年上升,2000 年达到 12 600 万 t。在窄轨条件下,澳大利亚煤运重载列车采用交流传动的电力或内燃机车牵引轴重 26 t 的重载敞车,每列车牵引重量达万吨,采用底开门运煤敞车自动卸煤,每一个卸煤站每小时可卸煤 4 000 t。在 GLADSTONE 煤码头,卸煤列车灯泡线长 3.3 km,共 2 条,每年可卸煤 3 600 万 t,煤码头上采用全自动传输装置装船,每一个船位装船量可达 4 000 t/h,2 个船位年装船量达 3 000 万 t 以上,经济效益十分显著。

3. 南非

南非铁路在 20 世纪 60 年代末开始引进北美重载单元列车技术,并从 70 年代开始,在其窄轨运煤和矿石的线路上,逐步把列车的重量提高到 5 400 t 和 7 400 t,并不定期开行总重为 11 000 t 的重载列车。

目前南非有两条重载铁路专线:OREX 矿石运输专线和理查兹湾运煤专线,均为 1 067 mm 轨距窄轨电气化铁路,长度分别为 580 km 和 861 km,这两条线由于在 20 世纪 70 年代末采用重载运输技术,运量与效益逐年提高。南非铁路 1995 年开发的列车电子控制空气制动系统有效地缩短了列车制动距离,减少了列车冲动。同时南非铁路重载线路全部实现了调度集中,有效地提高了运输效率。

理查兹湾运煤专线为双线电气化铁路,列车由4台电力机车牵引,列车编组为200辆,列车总重达20 800 t,列车全长达2.5 km。运煤专线每日开行14对列车,年运量可达8 000万t。

OREX矿石运输专线为单线铁路,全线铺设60 kg/m的无缝线路,目前OREX矿石运输专线日均开行列车5对,列车编组为216辆,轴重20~30 t。

4. 瑞典

瑞典铁路北部的挪威—瑞典矿山铁路(LKAB)全长540 km,是瑞典北部专用的矿山铁路,1888年开通时,轴重只有11 t。1915年实现15 kV15 Hz电气化(是瑞典第1条电气化铁路)。1997年前开行25 t轴重、每列车52辆编组、全列车重量为5 200 t的重载列车。1997年开始提高轴重到30 t,瑞典LKAB公司对这条线的全部114座桥梁进行检测与试验。试验表明所有既有混凝土桥梁均可使用30 t轴重。为此,瑞典对线路进行了加固改造,把60%的钢轨更换为1100号材质50 kg/m钢轨,增加线路维修成本约为3%,并于2000年购置了Adtranz公司的三轴径向转向架轴重为35 t、功率为5 400 kW的交流传动电力机车及南非制造的轴重30 t新型运矿石敞车,并开始开行轴重30 t、全长740 m、68辆编组、8 500 t牵引重量的重载列车。开行提高轴重的重载列车使LKAB公司的运输成本降低35%,年运量从2 000万t提高到了3 000万t。

第二节 大秦重载运输发展概况

一、我国重载运输发展情况

我国重载铁路运输的发展经历了四个阶段:

1. 第一阶段(1984~1986年):改造既有线路开行重载组合列车

我国铁路营业里程少,行车密度大,线路负荷重,且客货混跑,长期以来一直是制约国民经济发展的“瓶颈”。1984年11月,铁道部成立了重载组合列车开行实验领导小组,选择晋煤外运北通道——丰沙大线和京秦线作为试点,开行组合式重载列车。1985年3月20日正式开行组合列车,是将普通3 700 t的列车合并成一列,采用ND₅型机车双机牵引总重达7 400 t的重载组合列车。重载组合列车从大同西站出发直达秦皇岛东站,采取了固定品类(煤炭)、固定车底、固定机车、固定到发线、固定运行线的运输组织方式。车辆为C₆₁或C_{62A},采用了高摩合成闸瓦、103型制动阀、滚动轴承及13号车钩等多项新技术。卸车后原列返回大同。1986年4月1日组合列车正式纳入运行图,每天开行6对。

为了扩大重载列车的开行范围,铁道部决定在沈山线试验开行非固定式的重载组合列车(不受车底、车型、制动机型号等限制)。实验成功后,与1985年8月起在山海关到沈阳间下行方向正式开行列车总重7 000 t的重载组合列车,1986年4月1日组合列车正式纳入运行图,每天开行7列。此后,重载组合列车开行范围扩大:1985年7月,在石家庄至济南间开行了非固定式的重载组合列车;在京广线平顶山至武汉间开行双机牵引6 500 t的重载组合列车;在京沪线徐州北至南京东间开行双机牵引7 000~8 000 t的重载组合列车。随着重载运输范围的扩大,铁路运输能力显著提高。

2. 第二阶段(1985~1992年):新建大秦铁路,开行重载单元列车

为扩大晋煤外运能力,1985年大秦铁路开工建设。大秦铁路是借鉴北美、澳大利亚开行重载列车经验,由我国自行设计建设的第一条双线电气化重载运煤货运专线。全线分三期完成。1988年底全长411 km的大同至大石庄一期工程完工。1992年底,大石庄至秦皇岛

242 km二期工程完工。1997年,全线1亿t配套工程完工。

大秦铁路建成初期即开行重载单元列车,并逐步开展各种重载列车实验。1990年6月大秦铁路开行了由两台SS₃型电力机车牵引、120辆运煤敞车组成、全长1620m的万吨实验列车,并于1992年分别正式开行了单机牵引6000t、双机牵引10000t的单元式重载列车,车辆为C_{63A}型,采用120型制动机、高强度旋转式车钩及大容量缓冲器等多项新技术,车辆轴重为21t,钢轨为60kg/m。由于当时技术不够完善,万吨列车出现过断钩现象。实际运营列车牵引质量在5000~6000t。

3. 第三阶段(1992~2002年):改造繁忙干线,开行5000t级重载混编列车

为缓解京沪、京广、京哈等繁忙干线的运输紧张状况,铁道部决定通过调整机车类型和延长车站到发线有效长至1050m,开行5000t级重载混编列车。1992年8月,京沪线徐州北至南京东间、京广线石家庄至郑州北间成功开行率总重超过5000t的实验列车。1993年4月1日起京沪、京广线部分区段5000t重载列车正式纳入列车运行图。1997年4月1日,我国第一次大提速后,京哈线也安排开行了5000t重载列车运行线。至此,我国三大繁忙干线都开行了5000t级整列式重载混编列车,并扩展到哈大、焦枝等既有线以及新建的朔黄线、侯月线。

4. 第四阶段(2002年至今):大秦铁路开行2万t重载组合列车,繁忙干线开行了5500~6000t重载混编列车

2003年,铁道部根据国民经济发展的需求,作出了大幅度提高大秦线运输能力的决定,经过两年多的科学论证与实验,通过系统集成创新,与2006年3月28日在大秦铁路正式开行2万t重载组合列车,大幅度提高了大秦线运输能力,使中国铁路重载运输技术水平跨入了世界先进行列。2万t重载组合列车的开行,使大秦铁路仅用4年时间实现了年运量从2002年1亿t到2008年3.4亿t的飞跃,创造了重载铁路年运量的世界纪录。

中国铁路在不断提高大秦铁路运输能力的同时,也不断提高繁忙干线列车牵引质量。2007年4月18日,全国铁路第六次大面积提速后,京沪、京广、京哈等繁忙干线重载列车牵引定数由5000t提高到5500~6000t,进一步提高了繁忙干线运输能力。据初步估算,全国5000t及以上重载线路里程已达1万多km。2006年货物列车牵引质量达3105t,比2000年2675t提高了16%。重载运输在我国已初具规模,技术水平位居世界重载运输前列。

二、大秦线发展重载运输的必要性

我国煤炭生产和供应以山西、陕西、内蒙古西部(“三西”地区)为主,其煤炭存储量占全国的60%,生产量占全国的1/3,净调出占全国的2/3。能源主要消费地则集中于东南沿海,铁路煤炭运输呈现“西煤东运、北煤南运”的格局,大秦铁路作为我国西煤东运的最主要大运输通道,承担着全国铁路18%的煤炭运量,负责全国六大电网、五大发电公司、350多家主要发电厂、十大钢铁公司和6000多家企业生产用煤和民用煤、出口煤的运输任务,肩负着三西地区煤炭外运的重要任务。

近年来,随着国民经济的快速发展,社会对能源的需求越来越旺盛,煤电油的运输成为当前制约社会经济发展的瓶颈。为解决运输能力紧张、能源紧张的问题,铁道部提出了“把大秦线重载扩能工程建设成铁路跨越式发展的标志性工程、现代化重载煤运通道的示范性工程、既有线扩能改造的样板性工程”的目标要求,大秦铁路不断进行站场改造和技术创新,大大突破了世界单条重载铁路年运量不超过2亿t的理论极限;到2008年大秦线运量完成3.4亿t;

“十一五”末,大秦线年运量将实现 4 亿 t。大秦线开通以来运量递增情况见表 1-1 所示。

表 1-1 大秦运量表

年度	运量(万 t)	年 度	运量(万 t)	年 度	运量(万 t)	年 度	运量(万 t)
1988	2.0	1994	5 174.3	2000	7 469.0	2006	25 378
1989	2 006.9	1995	5 586.8	2001	9 271.8	2007	30 380
1990	3 318.5	1996	5 879.9	2002	10 339	2008	34 000
1991	3 413.6	1997	5 811.7	2003	12 170	“十一五”末期	40 000(计划)
1992	4 259.9	1998	5 450.0	2004	15 286		
1993	4 658.8	1999	6 163.8	2005	20 302		

由表 1-1 可以得知,大秦线完成这样的运量,这样的巨额增量,靠传统的一般运输方式是绝对无法完成的!以 2004 年 1.5 亿 t 为例,如果以当时开行的 5 000 t/列计算,每日须开行 110 列,而当时大秦线最大通过能力只能达到 96 列。办法和出路只有一条,那就是实现铁路运输方式的创新与突破,大力开展重载运输,可见,大秦线发展重载运输是非常必要的。

三、大秦线重载运输发展历程

大秦铁路途经山西、河北、北京、天津四省市,全长 653 km,是我国第一条以开行重载单元列车为主的双线自动闭塞电气化铁路运煤专线,是我国北路煤炭运输的主要通道。大秦线西起山西省大同市,于韩家岭站与北同蒲线接轨,向东穿越雁北高原、桑干河峡谷,经山西大同县,河北阳原县、逐鹿县、怀来县过永定河与丰沙、京包铁路立体交叉,沿官厅水库北岸进北京延庆县,穿过军都山隧道,经北京昌平区、怀柔区,与京承铁路立体交叉,经平谷区过三河市,在大石庄站通过联络线与京秦线段甲岭站相接;途经天津蓟县,河北遵化市、迁西、抚宁等县跨黎河、滦河、青龙河、洋河等河流,最后到达大秦线终点站柳村南站。大秦线与京承、京秦、京山、迁曹等多条干线接轨,地形复杂、山区多、隧道长(3 000 m 以上的隧道有:军都山隧道全长 8 640 m,白家湾隧道 5 058 m,景忠山隧道 3 760 m,花果山隧道 3 741 m,大尖团隧道 3 333 m,河南寺隧道 3 284 m,另外还有多个 3 000 m 以下的隧道)、站间距离大,重车线最大上坡道为 4‰,最大下坡道为 12‰(化稍营—涿鹿段 53.6 km、延庆—茶坞段 64.8 km 为桥隧连续的长大下坡道线路),线路最小曲线半径为 500 m。

大秦铁路始建于 1985 年,由原铁道部第三勘察设计院担任总体设计,全线共分三期建设。一期工程西起大同枢纽北同蒲的韩家岭车站,东至河北省三河县大石庄站,通过联络线与京秦铁路段甲岭站接轨。正线全长 411 km,1988 年 12 月 28 日开通,一期工程建成后,大同煤可经由本线引入京秦铁路运至秦皇岛,缓解了丰沙大同路运输紧张的状况。

二期工程自大石庄站,经过天津蓟县,河北玉田、遵化、迁安、抚宁等县,至柳村南站的三期煤码头,正线全长 242 km。工程于 1992 年 12 月 1 日开通运营,二期工程建成后运煤列车从大同经大石庄,直达秦皇岛三期码头,可不再绕行京秦铁路。

三期工程为年输送能力 1 亿 t 配套工程,1995 年开工,至 1997 年完成。通过扩建湖东编组站、茶坞区段站,增建秦皇岛、大同枢纽疏解线和联络线,完善通信、信号、电力、给排水等配套工程的方式,使大秦线铁路达到 1 亿 t 的输送能力。

2006 年对大秦铁路全线进行 2 亿 t 扩能改造,对大同地区、北同蒲线等煤源装卸地点、湖东编组站、秦皇岛东编组站(包括柳村南站)及沿线车站装车线、卸车线、到发线进行改造,增

加线路有效长(到发线有效长 2 800 m),增设腰岔,大大提高了装卸作业能力、提高了列车编组辆数、牵引重量,保证开行 2 万 t 重载列车的需要,整体提高了大秦铁路运输能力。

大秦铁路通过不断的扩能改造和技术创新,运输能力得到快速提升,扩能不断取得重大成果。1992 年大秦线全线建成通车后,全线列车重量初期为重车 3 500 t,每月开行万吨试验列车 1 列(120 辆 C₆₃ 编组,双 8K 机车牵引),随着运量的增长,又逐步开行 5 000 t、5 500 t、6 000 t 普通重载列车;至 2003 年,正式开行万吨重载列车;2004 年又逐步开行 9 000 t、9 500 t、11 000 t 单元重载列车和万吨组合列车;从 2004 年年初,试开行 2 万 t 重载列车,2004 年底 2 万 t 列车试验成功后试运行;2006 年 3 月 28 日,在大秦线正式开行 2 万 t 重载列车。这期间,大秦运量从 2002 年的 1.034 亿 t 上升至 2008 年的 3.4 亿 t。

大秦线是我国铁路开展重载运输的典型代表,有几个值得纪念的日子将永远铭刻在中国重载运输发展史上:2003 年 9 月 1 日,在大秦线正式开行万吨单元重载列车;2004 年 6 月 25 日,在大秦线开行万吨重载组合列车;2006 年 3 月 28 日,在大秦线开行 2 万 t 重载列车。

大秦铁路之所以能够创造奇迹,首先得益于新技术创新,大秦铁路掌握了重载机车、重载货车、重载线路等一系列核心技术。大秦线在世界上首次实现了机车无线同步操纵系统(Locotrol)和铁路综合数字移动通信系统(GSM-R)的集成,成功开行了 2 万 t 重载组合列车,特别是自主研发生产出和谐型大功率交流传动电力机车,有效提高了运输效率。目前,大秦铁路已经形成了具有自己特色的重载技术体系,重载运输技术水平达到世界先进水平。

为提高大秦线重载运输的集约化程度,形成规模效应,太原铁路局加快建设煤炭战略装车点,逐步取消万吨以下编组列车,实现全线开行 1 万 t 和 2 万 t 重载列车。同时,大秦铁路充分发挥新体制、新装备优势,修改完善规章制度,进一步优化机车乘务制度,实行轮乘制及双司机配班单司机值乘,延长了机车交路,实现了重载直达。

第三节 大秦重载运输特点

高密度大量开行重载列车,给车务、机务、车辆、工务、电务、供电各系统带来全新的课题与难度。

一、重载运输机务特点

大秦重载运输机务核心特点是:机车长交路,机车动力分散或分布式动力系统牵引,机车无线同步操纵系统(Locotrol)。

1. 机务运用特点

大秦铁路机车运转制为循环运转制(HXD 型电力机车)、半循环运转制(SS₄ 型电力机车),乘务制为随车包乘制,即采用“长交路、车循环、人继乘”的模式,拉通了大秦线与其他干线的机车交路,打通了大同枢纽和茶坞、湖东等技术站,大秦铁路机车整备距离由原来的 620 km 延长到 1 530 km,施工期间延长到 2 080 km,压缩了机车辅助作业时间,使机车运用效率得到大幅提升。

2. 机车特点

在机车选型方面,大秦线的主型机车是 HXD 型电力机车、SS₄ 型电力机车,机车安装了 GE 公司的 Locotrol 无线同步操控系统和 CCB-II 型制动控制系统。

HXD1 型、HXD2 型电力机车是一种大功率的交流传动电力机车,由西门子公司和株洲电

力机车厂联合生产,总功率达 9 600 kW,最高时速可达 120 km,具有再生制动功能。该机车引进消化吸收了欧洲先进、成熟的轨道电力牵引技术,八轴交流传动,单节轴式为 $B_0 - B_0$,轴重为 25 t,具有启动牵引力大、黏着性能好、易于维护、安全可靠等特点。此外,还具有能牵引或顶送重载列车的调车机车。

3. 机车编挂、动力分布特点

大秦重载列车,机车编挂方式多样。单元万吨列车,车辆固定编组,循环使用,机车为动力集中重联牵引;组合列车(万吨组合、2 万 t 组合)由指定的车辆混编组成,机车编挂方式为:机车 + 货车 + 机车 + 货车、机车 + 货车 + 机车 + 货车 + 机车,机车采用动力分散或分布式动力系统牵引。

4. 机车交路的特点

在机车交路方面,为提高机车运用效率,以湖东为支点,实行“循环运转制”、“半循环运转制”机车长交路,极大地提高机车运用效率。

从 2008 年 8 月开始,HXD 型机车逐步开行柳村南(或后营)—云冈支线、北同蒲线(北周庄、金沙滩、里八庄等站)点对点 2 万 t 空重列车。即实行以湖东为本段,柳村南 II 场(后营)和各装车站(点)为折返点的循环交路。2 万 t 空车列车柳村南 II 场(后营)开车后直达装车站,取消湖东 I 场机车乘务员换乘作业;2 万 t 重车列车在装车站开车后直达柳村南(后营),取消湖东 II 场机车乘务员换乘作业。2 万 t 重车列车机车乘务员在湖东电力机务段候班,在湖东电力机务段调度室出勤,到装车站接班后牵引 2 万 t 列车运行至柳村南 II 场入库退勤。2 万 t 空车列车机车乘务员在柳村南 II 场调度室出勤,牵引 2 万 t 列车运行至各装车站(点)装车。机车牵引装车完毕的单元万吨列车组合好 2 万 t 列车后换乘回本段退勤。点对点 2 万 t 空重列车最长的机车交路达 3 800 km。

SS₄ 型电力机车实行半循环交路:机车由湖东出段→湖东 II 场挂重车列→运行至茶坞换乘(或通过)→运行至卸车站(柳村南、秦皇岛东站)换挂空车列→空车列在茶坞换乘(或通过)→空车列在湖东 I 场技检换乘→空车列到装车站装车→牵引装妥重车返回湖东 II 场→摘机入段检修整备,整个机车交路约 1 500 km。

因新型电力机车能提供间休备班条件,因此,可以由两班司机值乘,这样可实现中途不停车换班操作,可以极大地提高机车运用效率和劳动生产效率。

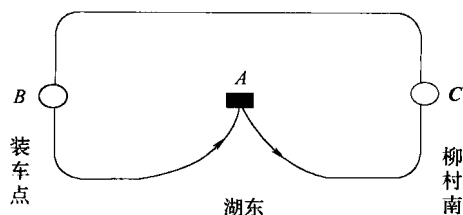


图 1-1 “半循环运转”机车长交路示意图

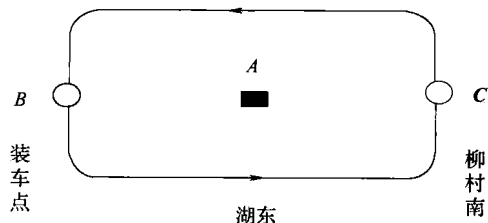


图 1-2 “循环运转”机车长交路示意图

5. 机车同步操作及列车制动控制特点

大秦组合、重载列车机车全部安装了美国 GE 公司的 Locotrol 无线同步操控系统和 CCB-II 型制动控制系统。牵引机车实现了多机重联同步操纵和多机分散牵引的同步操作控制,前者通过重联线将多台机车连接,实现第一位本务机车控制,其他第二位、第三位机车同步动作;后者可通过 Locotrol 列车同步操纵和遥控系统,实现主控机车与从控机车的同步动作。Locotrol 无线同步操控系统,实现了机车控制命令的不间断传输,实现对列车的同步制动或牵引,